

Phlebiopsis gigantea als Antagonist des Wurzelschwamms

Gegen den Wurzelschwamm ist in Deutschland kein Pflanzenschutzmittel zugelassen. Zu seiner biologischen Kontrolle und Eindämmung wird in einigen europäischen Ländern eine Stubbenbehandlung mit verschiedenen antagonistischen bzw. fungiziden Präparaten empfohlen. Da keine einheitliche Meinung über deren Wirksamkeit und Notwendigkeit besteht, wurde von der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt im Herbst 2010 ein Praxistest*) im niedersächsischen Tiefland zur Ausbringung von *Phlebiopsis gigantea* als Antagonist gegen den Wurzelschwamm durchgeführt.

Gitta Jutta Langer, Ulrich Bresslem

Die Verfahren zur Stubbenbehandlung basieren auf der Annahme, dass die Schnittflächen frischer Stubben nur kurze Zeit durch Sporen des Wurzelschwamms infizierbar sind (wenige Tage bis 2 bis 3 Wochen nach Fällung [16]). Grundgedanke der Verfahren ist es, frische Stubbenschnittflächen schnell mit geeigneten Präparaten (pilzliche Antagonisten oder Fungizide) zu behandeln, um eine primäre Infektion mit Wurzelschwamm zu verhindern. In der Regel erfolgt die Stubbenbehandlung innerhalb weniger Stunden nach der Fällung manuell oder voll mechanisiert beim Fällschnitt über ein Lochsawt des Harvesteraggregats. Erfolg versprechend kann die Stubbenbehandlung mit einem Antagonisten nur in Beständen sein, die nicht oder nur zu

Schneller Überblick

- Verschiedene *P. gigantea*-Präparate wurden über ein Lochsawt des Harvesters bei Durchforstungen ausgebracht
- *P. gigantea* konnte sich nur bei Kiefernstubben (nicht bei Fichten, Lärchen und Douglasien) nachhaltig etablieren
- Da in den untersuchten Beständen des niedersächsischen Tieflands zu hohe Durchseuchungsraten mit Wurzelschwamm vorliegen und die Wirksamkeit der eingesetzten Präparate nicht zweifelsfrei belegt werden konnte, wird eine Stubbenbehandlung mit *P. gigantea* derzeit nicht empfohlen



Abb. 1: Wurzelschwamm, konsolider Fruchtkörper am Wurzelanlauf eines Wirtsbaumes

einem geringen Prozentsatz mit Wurzelschwamm durchseucht sind [2, 4, 17], denn die Stubbenbesiedlung mit dem Antagonisten hat, soweit bekannt, keinen mindernden Einfluss auf die Übertragung des Wurzelschwamms über Wurzelkontakte.

In vitro wurde nachgewiesen, dass der holzabbauende, kiefern-spezifische Große Zystenrindenpilz (*P. gigantea*, Abb. 2 bis 4) gegenüber dem Wurzelschwamm antagonistisch wirkt [18]. Diese Erkenntnis wurde in England bereits ab 1950 in Feldversuchen zur Bekämpfung des Wurzelschwamms ge-

nutzt [14, 15, 18]. Im Handel werden *P. gigantea*-Präparate wie „ROTSTOP“, „ROTEX“ und „PHLEBIOSAN“ zur Stubbenbehandlung angeboten. „ROT-

*) Das Forstamt Oerrel und die Niedersächsischen Landesforsten haben die Probeflächen gestellt und die NW-FVA während des Versuchs unterstützt. Die Untersuchungen wurden teilweise im Rahmen des NaLaLa-nT-Projekts „Nachhaltiges Landmanagement im Norddeutschen Tiefland“ mit Mitteln des BmBF (Förderkennzeichen 033L029) im Rahmen des FONa-Programms gefördert.

Der Gemeine Wurzelschwamm

Der Gemeine Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum* s. l.) umfasst einen weltweit verbreiteten Artenkomplex. Je nach Substratspezifität und Kreuzungsverhalten werden drei heimische Arten unterschieden [6, 9]: Kiefern-Wurzelschwamm (*H. annosum* s. str.), Fichten-/Kleinporiger Wurzelschwamm (*H. parviporum*) oder Tannen-Wurzelschwamm (*H. abietinum*). Der Wurzelschwamm (s. a. Abb. 1) kommt latent in fast allen Beständen des niedersächsischen Tieflandes vor und ist in der Region mit unterschiedlicher Schadausprägung weit verbreitet. Ein massiver Befall mit dem Kiefern- oder dem Fichten-Wurzelschwamm führt regional zu schwerwiegenden wirtschaftlichen Verlusten [10, 11], da Mindereinnahmen durch den Verkauf geringwertiger Holzqualitäten entstehen und erhöhte außerplanmäßige Nutzungen infolge von Absterbeerscheinungen sowie Windwürfen und -brüchen anfallen.

Die Haupteintrittspforte des Wurzelschwamms in den Bestand ist die primäre Infektion durch luftgebundene Sporen über frische Stubbenschnittflächen [12]. Die Besiedelung der Stubben und das Einwachsen des Pilzes in das Wurzelsystem ermöglichen es dem Schaderreger über Wurzelverwachsungen von befallenen Wurzeln auf Wurzeln gesunder Bäume überzugehen und diese zu infizieren (Hauptinfektionsweg).

Der Befall ruft eine im Wurzelraum beginnende Weißfäule hervor, die sich bis in Stammbereiche hinaufziehen kann. Betroffen sind in erster Linie Nadelbäume. Befallene Bäume zeigen oft über einen längeren Zeitraum keine äußerlich sichtbaren Symptome. Erst 2 bis 6 Jahre nach der Infektion, wenn der größte Teil des Wurzelsystems geschädigt ist, werden oberirdische Symptome erkennbar [13]. Fruchtkörper des Wurzelschwamms können ganzjährig an der Stammbasis oder an flach streichenden Wurzeln gebildet werden. Sie erscheinen nicht an jedem befallenen Baum und sind oft erst längere Zeit nach der Infektion oder nach dem Absterben des Wirts sichtbar. Die Entwicklung der Nebenfruchtform des Wurzelschwamms (*Spiniger meineckellus*) erfolgt meistens in Höhlungen auf feuchten, befallenen Wurzeln. Im Labor kann sie als Nachweis für den Befall der untersuchten Holzprobe mit dem Schaderreger [14, 15] dienen.

STOP®“ und „ROTEX®“ enthalten getrocknete Pilzsporen (Arthrokonidien, auch Oidien genannt). Daneben können auch eigens hergestellte Mycelsuspensionen von heimischen (autochthonen) *P. gigantea*-Stämmen eingesetzt werden [2]. Die Behandlung mit „ROTEX®“ ist laut Gebrauchsanweisung unabhängig von der Jahreszeit ab 5 °C möglich. Es sollte jedoch eine tagesfrische Gebrauchslösung, die sich nicht über 35° C erwärmt, verwendet und eine 90 % Benetzung der Stubbenoberfläche erzielt werden.

Material und Methoden

Untersuchungsbestände

Die untersuchten Bestände in den Revieren Karrenbusch (haupts. Waldkiefer, 41-j.), Lintzel (haupts. Waldkiefer, 42-j.), und Bobenwald (haupts. Gemeine Fichte, 36-j. bis 58-j.) im niedersächsischen Forstamt Oerrel zeigten eine gute Vitalität und abgesehen von vereinzelten Fruchtkörpern an älteren Stubben keine augenscheinlichen Symptome eines Befalls mit Wurzelschwamm.

Durchforstungen

Die Durchforstungen erfolgten im Herbst/Winter 2010 in Karrenbusch und Bobenwald bzw. im Frühjahr 2011 in Lintzel. Eingesetzt wurde der Harvester Ponsse Ergo8W mit dem H7-Aggregat und einer Einrichtung zur Ausbringung des Antagonisten über ein 82,5 cm langes Lochschwert der Marke „Oregon Solid Stump Spray“.

Von jedem Probebaum wurde beim Fallschnitt je eine bodennahe Stammscheibe am Stammfuß, möglichst ohne Bodenkontakt, geworben. Diese diente zur optischen Einschätzung des Fäulegrades und zur Untersuchung des Vorfalls mit Wurzelschwamm. Die einzelnen Probestubben wurden sofort nach der Fällung fotografiert. Der Benetzungsgrad mit der Antagonistensuspension (benetzte Stubbenoberfläche, Abb. 5) wurde anhand der Stubbenfotos durch eine digitale Bildanalyse mit verschiedenen R-Paketen [19] ermittelt. Während der Durchforstung wurden am Harvesterschwert und im Tank der Antagonistensuspension Temperaturmessungen durchgeführt.



Abb. 2: Anwuchskontrolle 2: Fruchtkörper des Antagonisten *Phlebiopsis gigantea* an den Kieferprobestubben im Revier Karrenbusch im ersten Herbst nach der Durchforstung. Variante A: ohne Stubbenbehandlung.



Abb. 3: Anwuchskontrolle 2: Fruchtkörper des Antagonisten *Phlebiopsis gigantea* an den Kieferprobestubben im Revier Karrenbusch im ersten Herbst nach der Durchforstung. Variante B: mit Stubbenbehandlung „*P. gigantea* autochthon“



Abb. 4: Anwuchskontrolle 2: Fruchtkörper des Antagonisten *Phlebiopsis gigantea* an den Kieferprobestubben im Revier Karrenbusch im ersten Herbst nach der Durchforstung. Variante C: mit Stubbenbehandlung „Rotex®“

Stubbenbehandlungsvarianten

Es wurden drei verschiedene Behandlungsvarianten (A-C, Tab. 1) getestet. Bei der Behandlungsvariante A wurden die Stubben nicht mit dem Antagonisten behandelt. Die Ausbringung des Antagonisten (Behandlungsvarianten

Untersuchungsfläche	Stubbenbehandlung		Benetzte Stubbenoberfläche in % der Stubbenoberfläche			Anwuchskontrolle 2: Anteil Stubben mit Fruchtkörpern
	Variante	Anzahl Stubben	Minimum	Maximum	Mittelwert	
Karrenbusch, Kiefer	A ohne Stubbenbehandlung	88	0,00 %	0,00 %	0,00 %	59,14 %
	B mit Stubbenbehandlung „Phlebiopsis autochthon“	95	20,17 %	98,31 %	87,04 %	85,71 %
	C mit Stubbenbehandlung „Rotex®“	97	14,08 %	99,49 %	91,36 %	77,55 %
Lintzel, Kiefer	A ohne Stubbenbehandlung	110 Stubben ohne Applikation des Antagonisten				72,73 %
Bobenwald, Fichte	A ohne Stubbenbehandlung	75	0,00 %	96,67 %*	1,46 %	0,00 %
	B mit Stubbenbehandlung „Phlebiopsis autochthon“	78	74,49 %	99,95 %	94,81 %	0,00 %
	C mit Stubbenbehandlung „Rotex®“	85	1,20 %	99,99 %	91,55 %	0,00 %

Tab. 1: Benetzung der Probestubben mit den Antagonistenpräparaten bei der Stubbenbehandlung während der Durchforstungen im Herbst 2010 und Anwuchskontrolle 2 (* einer der Stubben in der Null-Fläche wurde versehentlich mitbehandelt).

B und C) erfolgte nur in den Revieren Karrenbusch und Bobenwald. Zur Anwendung kamen dort eine eigens hergestellte, blau eingefärbte (Turf Mark®), autochthone *P. gigantea*-Suspension (Behandlungsvariante B) sowie das vorschriftsmäßig angesetzte Handelspräparat „Rotex®“ (Behandlungsvariante C).

Untersuchungen zum Vorbefall mit Wurzelschwamm

Zur Ermittlung des Durchseuchungsgrades, der dem Vorbefall der Probebäume mit Wurzelschwamm zu Untersuchungsbeginn entspricht, wurden die bei der Fällung entnommenen Stammscheiben im Labor auf Befall mit Wurzelschwamm untersucht. Dies erfolgte entweder durch Isolation des Pilzes aus dem Holz oder nach der Inkubationsmethode. Für die Inkubationsmethode wurden die Stammscheiben bei ca. 4 °C meist 4 bis 6 Wochen dunkel eingelagert (Vorinkubation). Danach wurden von den Stammscheibenstirnflächen beidseitig jeweils 2 bis 3 cm abgesägt und die Holzqualität eingestuft. Die Hauptinkubation der einzeln in feuchtes Zeitungspapier eingewickelten Stammscheiben erfolgte bei Raumtemperatur unter Plastikfolie („feuchte Kammer“). Der mikroskopische Nachweis der *Spiniger*-Nebenfruchtform wurde 7, 14 oder 21 Tage nach Hauptinkubationsbeginn durchgeführt.

Anwuchskontrollen zur Etablierung des Antagonisten

Für die „Anwuchskontrolle 1“ wurden Stammscheiben (n = 104) von solchen Stubben gewonnen, die bei der Unter-

suchung auf Vorbefall mit Wurzelschwamm im Zuge der Durchforstung nicht beprobt worden waren. Deren Entnahme erfolgte 5, 7 bzw. 11 Monate nach der Fällung. An diesen Scheiben wurden Pilzisolierungen und mikroskopische Untersuchungen zum Nachweis von *P. gigantea* (Mycel oder Oidien) durchgeführt. Für die „Anwuchskontrolle 2“ wurden die Probestubben ein Jahr nach der Fällung hinsichtlich der Fruchtkörperbildung von *P. gigantea* begutachtet. Im durchforsteten Kiefernbestand Lintzel wurde entsprechend die natürliche Besiedlung mit dem Antagonisten ermittelt.

Erfolgskontrollen zur antagonistischen Wirkung

Um den Erfolg der Antagonistenbehandlung zu messen, wurde die Fruchtkörperbildung des Wurzelschwamms an den Probestubben bis zum Frühjahr 2015 kartiert („Erfolgskontrolle 1“). Etwa drei Jahre nach der Durchforstung (2013) wurden erneut von solchen Probestubben Stammscheiben gewonnen, die in der ersten Untersuchung nach dem Fallschnitt keinen Befall mit Wurzelschwamm aufwiesen. Diese wurden mit

der Inkubationsmethode auf einen möglichen Neubefall mit Wurzelschwamm untersucht („Erfolgskontrolle 2“). Als Neubefall wurde gewertet, wenn bei einem zunächst befallsfreien Probebaum, entweder im beobachteten Zeitraum von 2010 bis 2015 Fruchtkörper des Wurzelschwamms an dem im Wald verbliebenen Stubben kartiert wurden oder sich bei der Laboruntersuchung zur „Erfolgskontrolle 2“ Wurzelschwamm an der Holzscheibe nachweisen ließ.

Ergebnisse

Qualität der Antagonisten-Präparate, Temperaturmessungen am Harvester

Die selbst hergestellte Mycelsuspension von *P. gigantea* zeigte in vitro ein schnelleres Anwachsen und eine bessere Etablierung als Rotex®. Zudem erwies sie sich als hitzestabiler und musste nicht durchgehend bis zur Ausbringung gekühlt werden. Rotex® zeigte ausreichende Keimungsraten in vitro, wies aber Verunreinigungen mit Schimmelpilzen auf. Die Temperaturmessungen während des Praxistests ergaben am Harvesterschwert und im Tank der Antagonistensuspension keine Werte über 35° C.

Vorbefall mit Wurzelschwamm an den Probebäumen (2010/11)			
Stubbenbehandlungsvarianten	Karrenbusch, Kiefer, n = 285	Lintzel, Kiefer, n = 108	Bobenwald, Fichte, n = 237
A ohne Stubbenbehandlung	97,83 %	96,30 %	76,00 %
B mit Stubbenbehandlung „Phlebiopsis autochthon“	98,96 %	nicht durchgeführt	89,74 %
C mit Stubbenbehandlung „Rotex®“	96,91 %	nicht durchgeführt	61,90 %
Mittelwert aller Varianten	97,89 %	96,30 %	75,53 %

Tab. 2: Vorbefall mit Wurzelschwamm (repräsentative Durchseuchungsrate) in den durchforsteten Waldbeständen der Reviere Karrenbusch, Bobenwald, Lintzel

Als „gesund“ eingestufte Probestämme	Erfolgskontrolle 1: Fruchtkörper des Wurzelschwamms am Stubben bis 2015	Erfolgskontrolle 2: Nachweis des Wurzelschwamms im Labor 2013	Anteil des Neubefalls durch Wurzelschwamm bis 2015
A ohne Stubbenbehandlung, n = 12	17 %	17 %	25 %
B mit Stubbenbehandlung „Phlebiopsis autochthon“, n = 4	25 %	0 %	25 %
C mit Stubbenbehandlung „Rotex®“, n = 16	13 %	50 %	56 %
Summe n = 32	16 %	31 %	41 %

Tab. 3: Erfolgskontrolle in der Versuchsfläche Bobenwald (Fichte) an 32 zu Versuchsbeginn „befallsfreien“ und „gesunden“ Probestubben (Erfolgskontrolle 1 und 2).

Benetzung der Stubben mit den Antagonistenpräparaten

In den beiden Stubbenbehandlungsvarianten B und C wurde eine ausreichend gute Benetzung mit den Präparaten von durchschnittlich 91 % der Stubbenoberfläche erzielt (Abb. 5, Tab. 1).

Holzqualität der Stammscheiben und Durchseuchungsgrade mit Wurzelschwamm

Bei einem Teil der Stammscheiben wurde eine erkennbare Holzverfärbung (bei 1,8 % in Karrenbusch, n = 285 untersuchte Kiefern; bei 38,2 % in Bobenwald, n = 275 untersuchte Fichten) bzw. eine sichtbare Holzfäule (bei 1,4 % in Karrenbusch; bei 19,3 % in Bobenwald) festgestellt. Alle 108 untersuchten Kiefernstammscheiben aus Lintzel wurden bezüglich der Holzqualität okular als „gesund“ eingestuft.

Der Kiefern-Wurzelschwamm wurde in den Kiefernbeständen und im Fichtenmischbestand festgestellt. Der Fichten-Wurzelschwamm wurde nur an Fichte im Revier Bobenwald nachgewiesen. Die Durchseuchung mit Wurzelschwamm lag bei den Kiefern aus Karrenbusch bei ca. 98 %, bei den Kiefern aus Lintzel bei ca. 96 % und bei den Fichten aus Bobenwald bei ca. 76 % (Tab. 2).

Anwuchskontrolle zur Etablierung des Antagonisten

Eine deutliche Etablierung des Antagonisten zeigte sich nur bei den Kiefernstubben (Tab. 1 und Abb. 3 bis 4). Keine oder eine vernachlässigbare Besiedlung durch *P. gigantea* war nach einem Jahr bei den Fichten- (Abb. 6 bis 7), Lärchen- und Douglasienstubben zu verzeichnen.

Karrenbusch: Bei den unbehandelten Kiefernstubben stieg die Nachweisrate

(„Anwuchskontrolle 1“) für den Antagonisten von 33 % (7 Monate nach Fällung, n = 6) auf 78 % (11 Monate nach Fällung, n = 18) an. Bei den Varianten B und C der Stubbenbehandlung ließ sich *P. gigantea* bei beiden Probenahmeterminen jeweils zu einem hohen Prozentsatz (74 bis 100 %, jeweils n = 6 bzw. n = 18) nachweisen. Dieses Ergebnis spiegelt sich auch in der „Anwuchskontrolle 2“, ca. 1 Jahr nach Fällschnitt, durch Ausbildung von Fruchtkörpern von *P. gigantea* an verbliebenen Stubben im Bestand wider (Tab. 1 und Abb. 2 bis 4). Unbehandelte Kiefernstubben wiesen eine ähnlich gute Besiedlung mit *P. gigantea* (59 %) auf wie jene mit der Rotex®-Behandlung (78 %). Am stärksten war die Besiedlung mit *P. gigantea* bei den Stubben, die mit der autochthonen *P. gigantea*-Suspension behandelt worden waren (86 %).

Lintzel: In dem durchforsteten Kiefernbestand wurde eine natürliche Besiedlungsrate durch *P. gigantea* von knapp 73 % der Kiefernstubben im Herbst/Winter 2011/12 nach der Durchforstung ermittelt (Tab. 1).

Bobenwald: 5 Monate nach der Fällung wurde im Labor bei 7 (Fichte, Lärche und Douglasie) von 30 Stubben (jeweils 10 Stubben pro Behandlungsvariante) *P. gigantea* nachgewiesen („Anwuchskontrolle 1“). Das entspricht einer Nachweisrate von 23 %. Bei den unbehandelten Stubben betrug die Nachweisrate 10 %. Die mit „*P. gigantea* autochthon“ behandelten Stubben hatten eine Nachweisrate von 40 %, jene mit Rotex® eine Nachweisrate von 20 %. Ca. 1 Jahr nach Fällung („Anwuchskontrolle 2“, Tab. 1, Abb. 6 bis 7) wurde an keinem der begutachteten Probestubben ein Fruchtkörper von *P. gigantea* gefunden.

Erfolgskontrolle der antagonistischen Wirkung

Karrenbusch: Von insgesamt 290 untersuchten Kiefernstubben wiesen knapp 15 % bis zur Bonitur im März 2015 Fruchtkörper des Wurzelschwamms auf. Da in dem untersuchten Kiefernbestand zu Versuchsbeginn im Jahr 2010 ein hoher Vorbefall mit Wurzelschwamm vorlag, konnten im Jahr 2013 nur 6 zunächst als „befallsfrei“ eingestufte Kiefernstubben hinsichtlich des „Neubefalls durch Wurzelschwamm“ untersucht werden. An keiner der entsprechenden 6 getesteten Holzscheiben wurde 2013 im Labor Wurzelschwamm nachgewiesen, obwohl 5 dieser Stubben eine für den Schaderreger typische Holzfäule bzw. -verfärbung aufwiesen und sich an zwei Stubben nach der Fällung entsprechende Fruchtkörper ausgebildet hatten.

Lintzel: Fruchtkörper des Wurzelschwamms wurden bis zum März 2015 an knapp 4 % der untersuchten 108 Kiefernstubben im Bestand festgestellt.

Bobenwald: Von insgesamt 247 untersuchten Fichtenprobestubben zeigten 27 % bis zur Bonitur im März 2015 Fruchtkörper des Wurzelschwamms. Zu Versuchsbeginn konnte bei 51 untersuchten Probestubben gemäß Laborbefund kein Vorbefall festgestellt werden. 32 dieser zunächst als „befallsfrei“ eingestuft Probestubben wurden hinsichtlich der Holzqualität als „gesund“ eingestuft und weiter ausgewertet (Tab. 3): Die nicht behandelten Stubben und jene, die im Herbst 2010 mit der autochthonen *P. gigantea*-Suspension behandelt worden waren, wiesen einen Anteil von jeweils 25 % Neubefall auf. Probestubben mit der Stubbenbehandlung Rotex® hatten einen Neubefall mit Wurzelschwamm von 56 %.

Diskussion und Schlussfolgerungen

Wie erwartet, wurde in den untersuchten Beständen der Kiefern-Wurzelschwamm nachgewiesen. Im Revier Bobenwald wurde zusätzlich auch der Fichten-Wurzelschwamm an Fichte festgestellt, was sich mit Ergebnissen früherer Untersuchungen [20 bis 23]

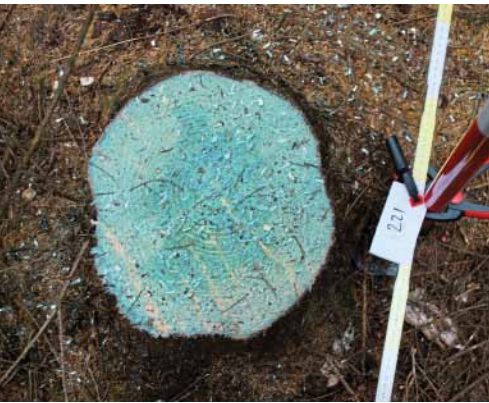


Abb. 5: Behandelte Fichtenstubben nach dem Fällschnitt mit blau gefärbter Antagonistensuspension



Abb. 6: Anwuchskontrolle 2, ca. 1 Jahr nach Fällschnitt: Bobenwald, Fichte, Variante B: mit Stubbenbehandlung „*P. gigantea autochthon*“



Abb. 7: Anwuchskontrolle 2, ca. 1 Jahr nach Fällschnitt: Bobenwald, Fichte, Variante C: mit Stubbenbehandlung „Rotex®“

deckt. Nicht in jedem Falle gelang bei Probestubben mit Holzverfärbungen, -fäule oder Fruchtkörpern des Wurzelschwamms auch der Nachweis des Schaderregers im Labor.

Die Ausbringung der beiden eingesetzten Antagonisten-Präparate über ein Lochsichert des Harvesters hat sich im Praxistest als technisch durchführbar erwiesen. Es kam bei der Passage durch das Harvesteraggregat nicht zu einer übermäßig starken Erwärmung der Sporen- bzw. Mycelsuspension über 35 °C, die zu einer Schädigung des Antagonisten hätte führen können. Zudem wurde auch eine ausreichende, über 90 % liegende Benetzung der frischen Stubbenoberflächen mit den eingesetzten Präparaten erzielt.

Bei Kiefer zeigte sich im Vergleich zur Fichte eine deutlich bessere und nachhaltigere Etablierung des Antagonisten auf und in den Stubben. Die erzielten Etablierungsraten bei Fichte waren unzureichend. Bei Kiefer gelang mit der autochthonen *P. gigantea*-Suspension im Vergleich zu Rotex® eine bessere und schnellere Etablierung. Die natürliche Besiedlung von Kiefernstubben mit *P. gigantea* war sehr hoch. Sie lag etwa ein Jahr nach der Durchforstung auf unbehandelten Parzellen bei 59 % (Karrenbusch) bzw. 78 % (Lintzel) der Stubben. An den unbehandelten

Stubben erfolgte die Etablierung von *P. gigantea* jedoch langsamer als an den behandelten. Ein Jahr nach der Behandlung wurden an Fichten im Gegensatz zur Kiefer keine Fruchtkörper von *P. gigantea* festgestellt.

Die durchgeführte Stubbenbehandlung verhinderte nach den vorliegenden Ergebnissen den Neubefall mit Wurzelschwamm bei Kiefer und Fichte nicht zweifelsfrei. Die Wirksamkeit der eingesetzten Präparate wurde nicht eindeutig nachgewiesen, da auch zu Versuchsbeginn als befallsfrei eingestufte Stubben einen Neubefall mit Wurzelschwamm im Untersuchungszeitraum aufwiesen. Nach bisherigen Erkenntnissen hat sich die Stubbenbehandlung mit *P. gigantea* nicht negativ ausgewirkt.

Extrem hoch waren die zu Versuchsbeginn ermittelten Durchseuchungsraten mit Wurzelschwamm. Sie lagen in den Kiefern-Beständen zwischen 96 % (Lintzel) und 98 % (Karrenbusch) sowie in dem Fichten-Bestand bei 76 %. Eine erfolgreiche Wurzelschwamm-Prophylaxe mithilfe einer Stubbenbehandlung kann bei solch hohen Durchseuchungsraten nicht gewährleistet werden, da andere Infektionswege, insbesondere die Übertragung von Baum zu Baum über Wurzelkontakte, die Anzahl möglicherweise verhinderter Stubbenneufektionen überlagern.

Insbesondere die hohen Durchseuchungsraten und die nach der Stubbenbehandlung nicht zweifelsfreie Verhinderung neuen Befalls durch Wurzelschwamm sind Gründe dafür, weshalb die Stubbenbehandlung für

das niedersächsische Tiefland derzeit nicht empfohlen wird (siehe auch [24]).

Eine direkte Bekämpfung des Wurzelschwamms ist nicht möglich. Auch wenn der Pilz in den Bestand eingedrungen ist und sichtbare Schäden verursacht, sollten wirtschaftliche Verluste minimiert werden. Ein Ansatzpunkt auf stark geschädigten Flächen ist die Risikostreuung bei der zukünftigen Baumartenwahl. Empfohlen wird die Begründung von Laub-(Nadel-)Mischbeständen. Wenn es vom Standort her möglich ist, sollten Trauben- bzw. Stieleichen eingebracht werden, da sie gegenüber dem Wurzelschwamm wenig anfällig sind. Rotbuchen sind nach bisherigen Erfahrungen deutlich weniger anfällig als Douglasien, Fichten, Kiefern, Lärchen, Tannen oder Roteichen. Weitere etwaige Handlungsoptionen wie die Stubbenrodung, Durchforstungen ausschließlich im Winter bei geringerem Sporenflug oder Pflanzungen in weiten Verbänden zur Verringerung von Durchforstungseingriffen und Wurzelkontakten sind entweder eher theoretischer Natur oder nach derzeitigen Erkenntnissen wenig wirksam.

Literaturhinweise:

Eine Liste der verwendeten Quellen und detaillierte Informationen zu den Versuchsflächen und -ergebnissen stehen als Download zur Verfügung (http://www.nw-fva.de/fileadmin/user_upload/Verwaltung/Publikationen/Zusatz/2017a_Langer_Bressemer.pdf).

Dr. Gitta Langer, Gitta.Langer@nw-fva.de, ist bei der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Abteilung Waldschutz, Sachgebiet Mykologie und Komplexerkrankungen, zuständig für Forschung und Versuchswesen. Dr. Ulrich Bressemer ist Leiter des Sachgebietes.



Zusätzliches Material zu dem Artikel:

„Ausbringung von *Phlebiopsis gigantea* als Antagonist des Wurzelschwamms im niedersächsischen Tiefland“

Gitta Jutta Langer und Ulrich Bressemer, Göttingen

AFZ-DerWald 3/2017 : 39-43

Danksagung

Herzlichen Dank an das Forstamt Oerrel und die Niedersächsischen Landesforsten für die Überlassung der Probeflächen und die Zusammenarbeit und Unterstützung während des Versuchs. Die zugrundeliegenden Untersuchungen wurden teilweise im Rahmen des NaLaMa-nT-Projekts „Nachhaltiges Landmanagement im Norddeutschen Tiefland“ mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 033L029 im Rahmen des FONA Programms gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Abb. X1: Kiefernbestand (*Pinus sylvestris*) mit massiven Absterbeerscheinungen durch Kiefern-Wurzelschwamm.

Durchforstungen und Luftkeimsammlung

Die Durchforstungen erfolgten im Herbst/Winter 2010 in Karrenbusch und Bobenwald bzw. im Frühjahr 2011 in Lintzel. Eingesetzt wurde der Harvester Ponsse Ergo8W mit dem H7-Aggregat und einer Einrichtung zur Ausbringung des Antagonisten über ein Lochschwert. Für die Ausbringung wurde das 82,5 cm lange Lochschwert der Marke „Oregon Solid Stump Spray“ verwendet.

Von jedem Probebaum wurde beim Fällschnitt je eine Stammscheibe des Stammfußes bodennah geworben. Diese diente zur optischen Einschätzung des Fäulegrades und zur Untersuchung des Vorbefalls mit Wurzelschwamm. Die einzelnen Probestubben wurden sofort nach der Fällung fotografiert. Der Benetzungsgrad (benetzte Stubbenoberfläche) mit der Antagonistensuspension wurde anhand der Stubbenfotos durch eine mehrstufige, digitale Bildanalyse unter Verwendung verschiedener R-Pakete ermittelt. Während der Durchforstung wurden am Harvesterschwert und im Tank der Antagonistensuspension Temperaturmessungen durchgeführt und es erfolgten in Karrenbusch passive und aktive Luftkeimsammlungen, um das luftgebundene Infektionspotential von Wurzelschwamm und von *P. gigantea* in der Waldluft zu ermitteln. Zur passiven Luftkeimsammlung wurden Petrischalen mit Nährmedien 30 Minuten lang im Bestand aufgestellt und anschließend hinsichtlich der koloniebildenden Einheiten (KBE) ausgewertet. Die aktive Luftkeimsammlung wurde mit der Volumensaugfalle „AirPort MD 8“ der Firma Satorius durchgeführt. Die impaktierten Sporen aus der Luft wurden zur Keimung gebracht und nach KBE ausgewertet.

Luftkeimsammlung – luftgebundenes Infektionspotential

Während der Durchforstung im Kiefernbestand Karrenbusch wurden bei repräsentativen Luftkeimsammlungen (09.11.2010) keine KBE des Wurzelschwamms ermittelt. Lediglich geringer Sporenflug von *P. gigantea* ließ sich feststellen.



Abb. X2: Freigelegte Fruchtkörper des Wurzelschwamms an der Stammbasis einer befallenen Kiefer (*Pinus sylvestris*)



Abb. X3: *Phlebiopsis gigantea*, Fruchtkörper auf einer Kiefernstubbenoberfläche

Tabelle X1: Flächen zur Untersuchung der Ausbringung von Antagonisten gegen den Wurzelschwamm im Harvestereinsatz. (Abt. = Abteilung)

Niedersächsisches Forstamt Oerrel			
Bestand	Karrenbusch Abt. 1170	Lintzel Abt. 1218	Bobenwald Abt. 30
Baumarten	Kiefer (<i>Pinus sylvestris</i>), vereinzelt Birke und Fichte	Kiefer (<i>Pinus sylvestris</i>), mit deutlich schwächeren Fichten (<i>Picea abies</i>) im Unterstand; Kiefer, teils mit schütterten Kronen und im Unterstand auffällig oft abgestorben	Fichte <i>Picea abies</i>), vereinzelt Birke, Kiefer, Douglasie und Europäische Lärche im Hauptbestand
Bestandesalter im Jahr 2010	Kiefer 41j.	Kiefer 42j. (Fichte 43j. im Unterstand)	Fichte 36j.-58j.
Letzte Durchforstung vor Versuchsbeginn	2003, 46 fm/ha	2002, 26 fm/ha	2004, 45 fm/ha
Standortkennziffer (Niedersachsen)	42.3.31	42.3.31	41.4.92
Probebäume	n = 300	n = 110	n = 289
Flächengröße	3,91 ha	2,8 ha	6,95 ha
Versuchspartellen	6	1	6
Behandlungsvariante A	Parzelle 1 + 5: 1,29 ha	2,8 ha	Parzelle 3 + 6: 2,19 ha
Behandlungsvariante B	Parzelle 3 + 6: 1,33 ha	nicht durchgeführt	Parzelle 2 + 4: 2,30 ha
Behandlungsvariante C	Parzelle 2 + 4: 1,29 ha	nicht durchgeführt	Parzelle 1 + 5: 2,46 ha

Tabelle X2: Anwuchskontrolle x1 in der Versuchsfläche Karrenbusch (Kiefer): Nachweis der Etablierung von *P. gigantea* durch Pilzisolierung oder Mycelnachweis an Stubbenscheiben (*der Stubben der negative Stammscheibe war bei der Probenahme sehr ausgetrocknet).

Karrenbusch Abt. 1170 (Kiefer), Behandlungsvariante	Probenahme 21.06.2011		Probenahme 19.10.2011	
	Anzahl Stubben	<i>Phlebiopsis gigantea</i>	Anzahl Stubben	<i>Phlebiopsis gigantea</i>
A ohne Stubbenbehandlung	6	2 (33 %)	18	14 (78 %)
B mit Stubbenbehandlung „ <i>Phlebiopsis autochthon</i> “	6	5* (83 %)	19	16 (84 %)
C mit Stubbenbehandlung „Rotex®“	6	6 (100 %)	19	14 (74 %)

Tabelle X3: Anwuchskontrolle 2: Nachweis der Etablierung von *P. gigantea* durch Fruchtkörperbildung / Fruchtkörperfunde an den Probestubben im Herbst nach der Durchforstung der Versuchsflächen Karrenbusch, Lintzel und Bobenwald.

Fruchtkörperbildung von <i>Phlebiopsis gigantea</i> an den untersuchten Stubben ein Jahr nach dem Fällschnitt (bzw. im folgenden Herbst/Winter 2011/12) in %			
Behandlungsvariante	Karrenbusch, Abt. 1170, Kiefer, n = 289	Lintzel, Abt. 1218, Kiefer, n = 110	Bobenwald, Abt. 30, Fichte, n = 238
A ohne Stubbenbehandlung	59,14 %	72,73 %	0,00 %
B mit Stubbenbehandlung „<i>Phlebiopsis autochthon</i>“	85,71 %	nicht durchgeführt	0,00 %
C mit Stubbenbehandlung „Rotex®“	77,55 %	nicht durchgeführt	0,00 %

Tabelle X4: Erfolgskontrolle in der Versuchsfläche Karrenbusch (Kiefer): Nachweis von Fruchtkörpern des Wurzelschwamms an Probestubben im Bestand (Erfolgskontrolle 1) und Ergebnisse der Laboruntersuchung auf Neubefall mit Wurzelschwamm an Kiefernstubben im Jahr 2013 (Erfolgskontrolle 2). Wurzelschwamm: 1 = Nachweis positiv, 0 = Nachweis negativ. Die Fällschnittstammscheiben von 2010 wurden bezüglich ihrer Holzqualität wie folgt eingeschätzt: gesund = Stammscheibe ohne augenscheinliche Fäule, Verfärbungen oder Hohlräume; Verfärbung = Stammscheibe mit Holzverfärbungen; Fäule ohne Hohlräume = Stammscheibe mit deutlicher Fäule, aber ohne Hohlräume.

Baum-Nr.	Parzelle	Behandlungs-variante	Benetzungs-grad %	Vorfall mit WZS, Nachweis 2010	Holzqualität der Fällschnitt-stammscheibe in 11/2010	Erfolgskontrolle 1 WZS-Frk. am Stubben				Erfolgskontrolle 2 2013: WZS
						11/ 2011	11/ 2012	11/ 2013	3/ 2015	
102	5	A	0,00	0	Gesund	0	0	0	0	0
104	5	A	0,00	0	Fäule ohne Hohlräume	1	1	1	0	0
217	3	B	96,49	0	Verfärbungen	0	0	0	0	0
134	4	C	78,19	0	Fäule ohne Hohlräume	0	0	0	0	0
146	4	C	90,40	0	Fäule ohne Hohlräume	1	1	1	1	0
164	4	C	91,28	0	Verfärbungen	0	0	0	0	0

Tabelle X5: Erfolgskontrolle in der Versuchsfläche Bobenwald (Fichte) an 32 zu Versuchsbeginn „befallsfreien“ und „gesunden“ Probestubben: Nachweis von Fruchtkörpern des Wurzelschwamms im Bestand bis 2015 (Erfolgskontrolle 1) und Nachweis eines Befalls durch Wurzelschwamm in der Laboruntersuchung im Jahr 2013 (Erfolgskontrolle 2).

Als „gesund“ eingestufte Probestubben	Fruchtkörper des Wurzelschwamms am Stubben bis 2015 (Erfolgskontrolle 1)	Nachweis des Wurzelschwamms im Labor 2013 (Erfolgskontrolle 2)	Anteil des Neubefalls durch Wurzelschwamm bis 2015
A ohne Stubbenbehandlung, n = 12	17 %	17 %	25 %
B mit Stubbenbehandlung „Phlebiopsis autochthon“, n = 4	25 %	0 %	25 %
C mit Stubbenbehandlung „Rotex®“, n = 16	13 %	50 %	56 %
Summe n = 32	16 %	31 %	41 %

Quellen

- [1] Greig BJW 1976. Biological control of *Fomes annosus* by *Peniophora gigantea*. European Journal of Forest Pathology 6: 65-71.
- [2] Heydeck P, Knoche D, Dahms C, Raket T, Bieler T, Sauermann, J und Duhr, M (2010): Prophylaktische Maßnahmen zur Abwehr des Kiefern-Wurzelschwammes (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) in Erstaufforstungen auf Kippenstandorten im südlichen Brandenburg (Lausitz). Archiv f. Forstwesen u. Landsch.ökol. 44(3): 107-115.
- [3] Knoche D, Heydeck P, Ertle C, Raket T, Gottschalk J, Duhr M (2010): Kiefern-Erstaufforstungen-Biologische Bekämpfung des Kiefern-Wurzelschwamms. AFZ-DerWald 24: 4-7.
- [4] Metzler B, Thumm H und Scham J (2005a): Stubbenbehandlung vermindert das Stockfäulerisiko an Fichte. AFZ-Der Wald 60: 52-55.
- [5] Metzler B, Thumm H, Scham J 2005b: Gegen die Rotfäule kann man etwas tun. Badische Bauernzeitung 1/2005.
- [6] [Korhonen K (1978): Intersterility groups of *Heterobasidion annosum*. Comm Inst For Fenn 94: 1-25.
- [7] Capretti P, Korhonen K, Mugnai L und Romagnoli C. (1990): An intersterility group of *Heterobasidion annosum* specialized to *Abies alba*. European Journal of Forest Pathology 20: 231-240.

- [8] Capretti P, Goggioli V und Mugna L (1994): Intersterility groups of *Heterobasidion annosum* in Italy: distribution, hosts and pathogenicity tests. In: Johansson, M. and Stenlid, J. (eds.), Proceedings of the 8th IUFRO Conference on Root and Butt Rots. Sweden and Finland, August 9-16, 1993. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. 218-226.
- [9] Tsopeles P und Korhonen K (1996): Hosts and distribution of the intersterility groups of *Heterobasidion annosum* in the highlands of Greece. European Journal of Forest Pathology 26: 4-11.
- [10] Habermann M (2009): Schädlinge am reich gedeckten Tisch. Holz und Forst 35: 46-47.
- [11] Langer GJ (2011): Distribution and genetic variability of *Heterobasidion annosum* s. l. in the Northwest German Lowland. In: Biotic Risks and Climate Change in Forests. Berichte Freiburger Forstliche Forschung, Heft 89, 51-53.
- [12] Metzler B, Blaschke M 2005: Der frische Wurzelstock ist eine offene Tür für den Wurzelschwamm. LWFaktuell Nr. 49, Seite 89. (http://www.waldwissen.net/themen/waldschutz/pilze_nematoden/lwf_wurzelschwamm_wurzelstock_2005_DE)
- [13] Šķipars V und Ruņģis D (2011) Detection of *Heterobasidion annosum* in Scots pine trees using a polymerase chain reaction based method. Baltic Forestry 17(1): 2 – 7.
- [14] Rishbeth J (1951a). Observations on the biology of *Fomes annosus*, with particular reference to East Anglian pine plantations. II. Spore production, stump infection, and saprophytic activity in stumps. Annals of Botany 15: 1–21.
- [15] Rishbeth J (1951b). Observation on the biology of *Fomes annosus*, with particular reference to East Anglian pine plantations. III. Natural and experimental infection of pines, and some factors affecting severity of the disease. Annals of Botany 15: 221–246.
- [16] Redfern DB und Stenlid J (1998): Spore dispersal and Infection. In: Woodward S, Stenlid J, Karjalainen R and Hüttermann A (eds.), *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. CAB International. 105-124. [
- [17] NW-FVA (2007): Kurzinfo Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum*). (PDF)
- [18] Holdenrieder O und Greig BJW (1998): Biological Methods of Control. In: Woodward S, Stenlid J, Karjalainen R and Hüttermann A (eds.), *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. CAB International. 235-258.
- [19] biOps – Modul zur Bildbearbeitung (Matias Bordese, Walter Alini); EBImage – Bildanalysemodul (Gregoire Pau, Andrzej Oles, Mike Smith, Oleg Sklyar, Wolfgang Huber); SplanCS – Räumliche und zeitliche Analyse von Punktrastern (Barry Rowlingson, Peter Diggle).
- [20] Korhonen K und Holdenrieder O (2005): Neue Erkenntnisse über den Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum* s. l.). Forst und Holz 60: 206-211.
- [21] Niemelä T und Korhonen K (1998): Taxonomy of the genus *Heterobasidion*. In: S. Woodward, J. Stenlid, R. Karjalainen and A. Hüttermann (eds.), *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. CAB International. 27-33.
- [22] Korhonen K, Capretti P, Karjalainen R und Stenlid J (1998): Distribution of *Heterobasidion* intersterility groups in Europe. In: S. Woodward, J. Stenlid, R. Karjalainen and A. Hüttermann (eds.), *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. CAB International. 93-104.
- [23] Siepmann R (1988): Intersterilitätsgruppen und Klone von *Heterobasidion annosum* in einem 31jährigen Fichtenbestand. European Journal of Forest Pathology 19(4): 251-253.
- [24] Habermann M (2012): Waldschutzsituation 2012. BDF Aktuell 53(5): 10.12 www.bdf-online.de/pdf/zeitung/2012/BDF_aktuell_2012_05.pdf.